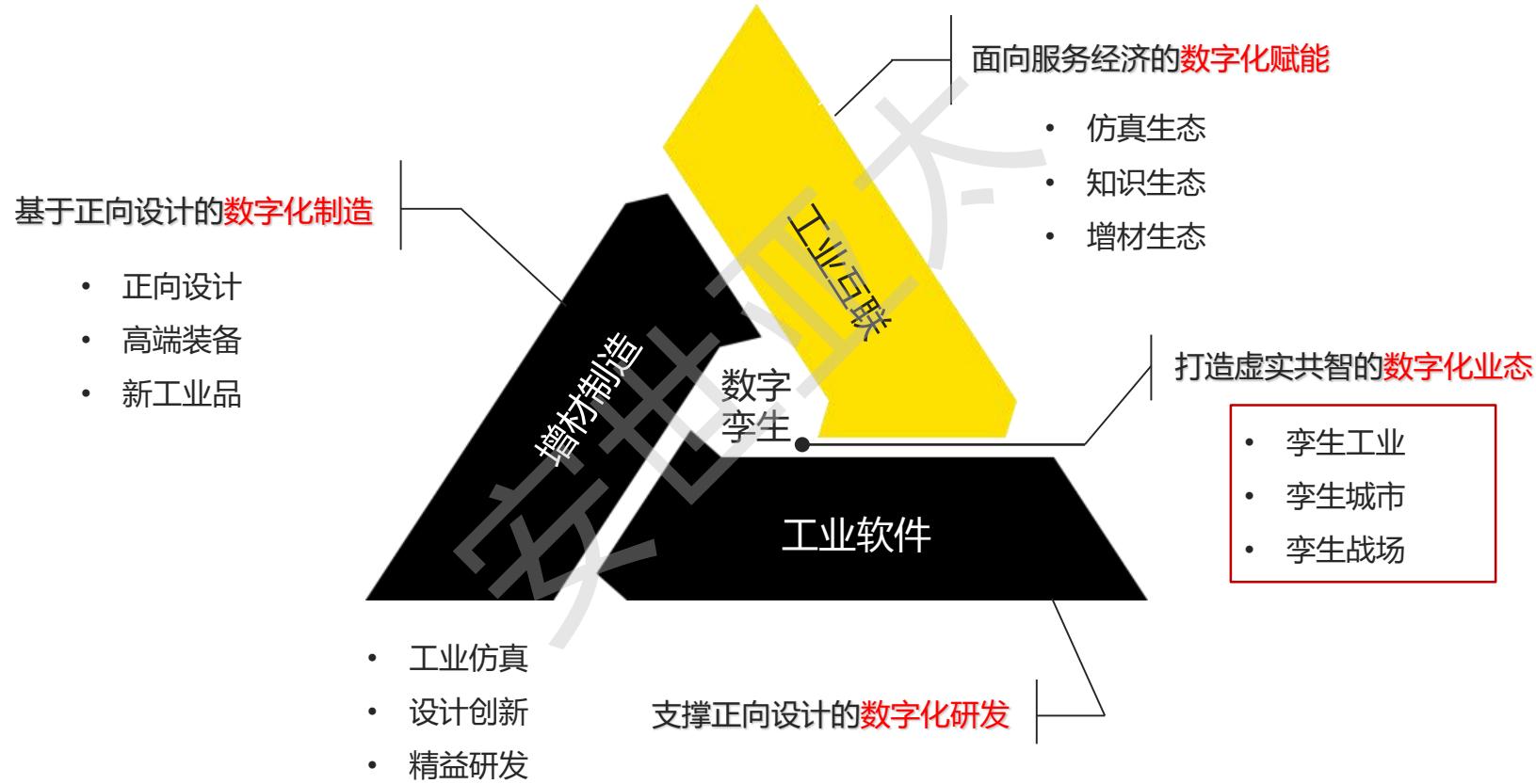
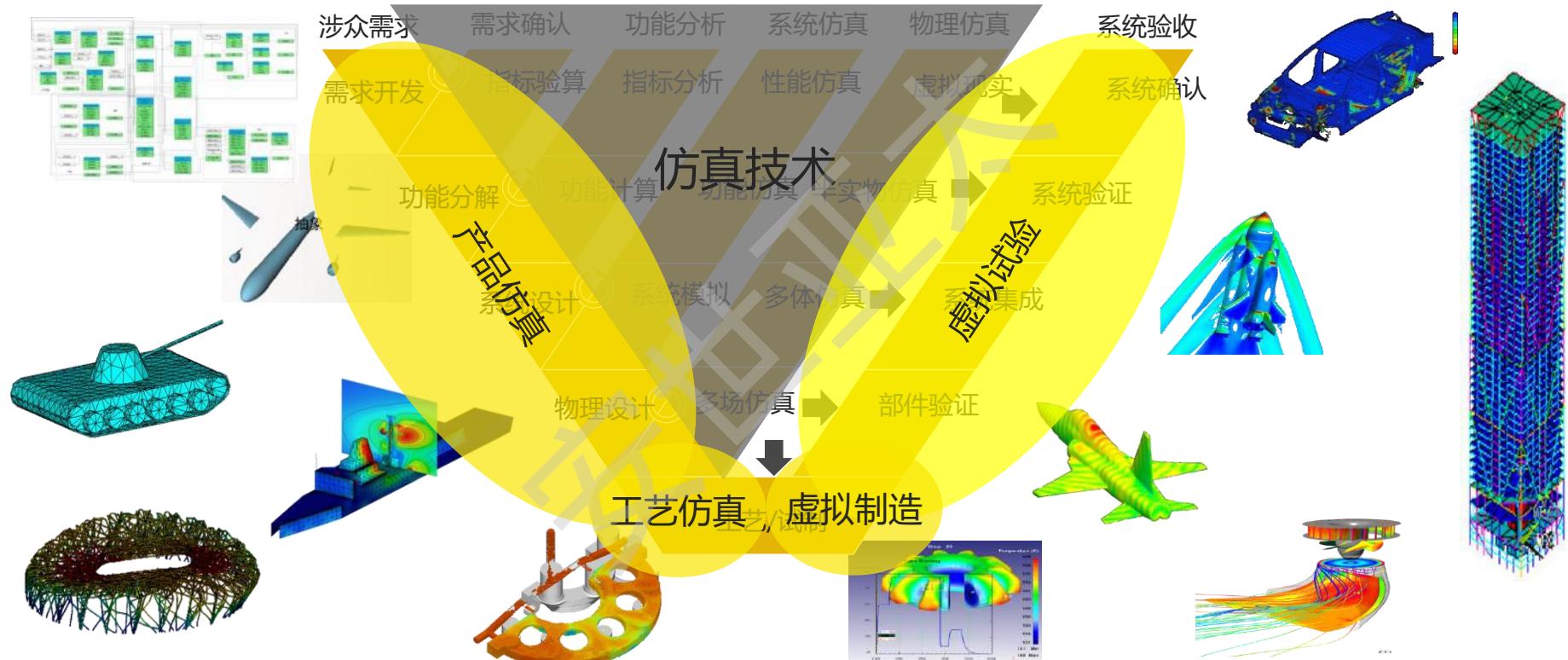


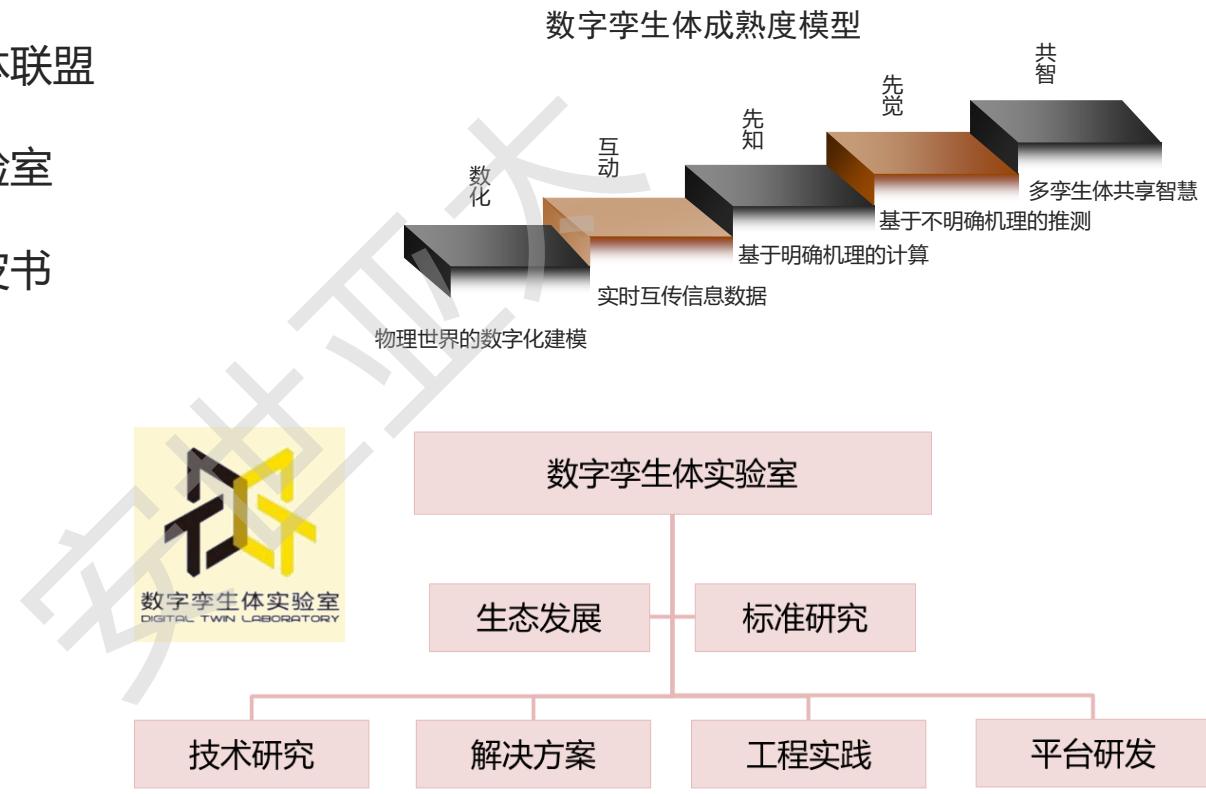
数字孪生是基于模型的体系工程

安世亚太科技股份有限公司





- 发起成立全球首个数字孪生体联盟
- 创建国内首个数字孪生体实验室
- 发布国内首部数字孪生体白皮书



积极参与国际和国家标准化工作

在各标准化组织中的角色 /专业领域			工业数据	数字孪生	智能制造	系统工程	工业软件	增材制造
委员	ISO工业自动化系统与集成标委会工业数据分委会	ISO/TC184/SC4	标准审核	标准制定	标准审核	标准审核		标准审核
委员	全国工业自动化系统与集成标委会工业数据分委会	SAC/TC184/SC4	标准修定					标准修定
委员	全国标委会数字孪生联合工作组 (筹)	SAC/TC184-TC171/ SWG DT (筹)		标准制定	标准制定			
参与	ISO/IEC信息技术联合技术委员会软件与系统工程分委会	ISO/IEC JTC1/SC7				标准审核		
委员	全国信标委软件与系统工程分委会	SAC/TC28/SC7				标准修定		
参与	ISO/IEC信息技术联合技术委员会数字孪生咨询组	ISO/IEC JTC 1/AG 11		模板评审 案例制作				
委员	IEEE智能制造标准委员会	IEEE		案例制作	案例制作			
观察员	IEEE数字孪生标准工作组	IEEE/C/SAB/DR_WG		标准制定				
会员	国际系统工程协会标准开发部	INCOSE SDD			标准审核	标准审核		
参与	ISO/ASTM增材制造联合工作组	ISO/TC261-ASTM F42	专题研讨					专题研讨
委员	全国信标委工业互联网APP标准工作组						标准制定	
召集人	全国两化融合标委会 制造业数字化仿真管理标准工作组	TC573/WG17					5项标准制定	



- 数字孪生是综合运用智能感知、计算、数据建模等信息技术，通过软件定义，对物理空间进行描述、诊断、预测和决策，进而实现**物理空间与虚拟空间的交互映射**，具体体现为，数据是基础、模型是核心、软件实现是载体；
- 数字孪生是**体系级思维的体现**，实体产品在物理空间中产生互相作用，虚拟产品在虚拟空间中表现为模型的动态融合和互动。



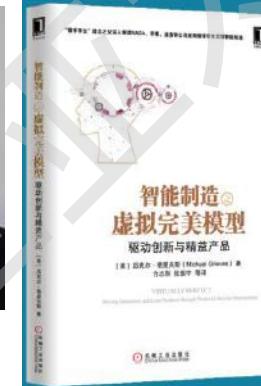
前部是登月舱模拟器，后部是指令舱模拟器

数字孪生技术最早在1969年被NASA应用于阿波罗计划中，用于构建航天飞行器的孪生体，反映航天器在轨工作状态，辅助紧急事件的处置。



密歇根大学教授
Dr. Michael Grieves

根据物理设备的数据信息，能够在虚拟空间搭建一个定性分析的虚拟实体和子系统，这类关联并不是单向和静态的，而是关联整个产品生命周期。



数字孪生模型由三部分构成：

- 1) 物理空间和实体产品
- 2) 虚拟空间和虚拟产品
- 3) 虚、实之间的数据实时采集传输和模型动态融合互动

数字孪生体是什么？



产生背景

装备的研制过程通常使用系统工程方法来组织和管理，美国国防部在组织联合作战装备研制过程中发现，传统的系统工程方法遭遇到了管理瓶颈，需要用一种新的概念来描述联合作战系统，这就是体系 (System of Systems, SoS)，而体系研制的工程过程也应该有相应的体系工程方法与之对应。

规范指导

美国国防部在一些学者研究成果的基础上，结合多个联合作战系统开发的实践经验，于2004年推出了体系的系统工程指南（Systems Engineering Guide for Systems of Systems），简称为体系工程指南 (SoSE)，并确定作为美军联合作战体系开发的工程指导。该指南提出了在传统系统工程之外的7个核心要素过程。

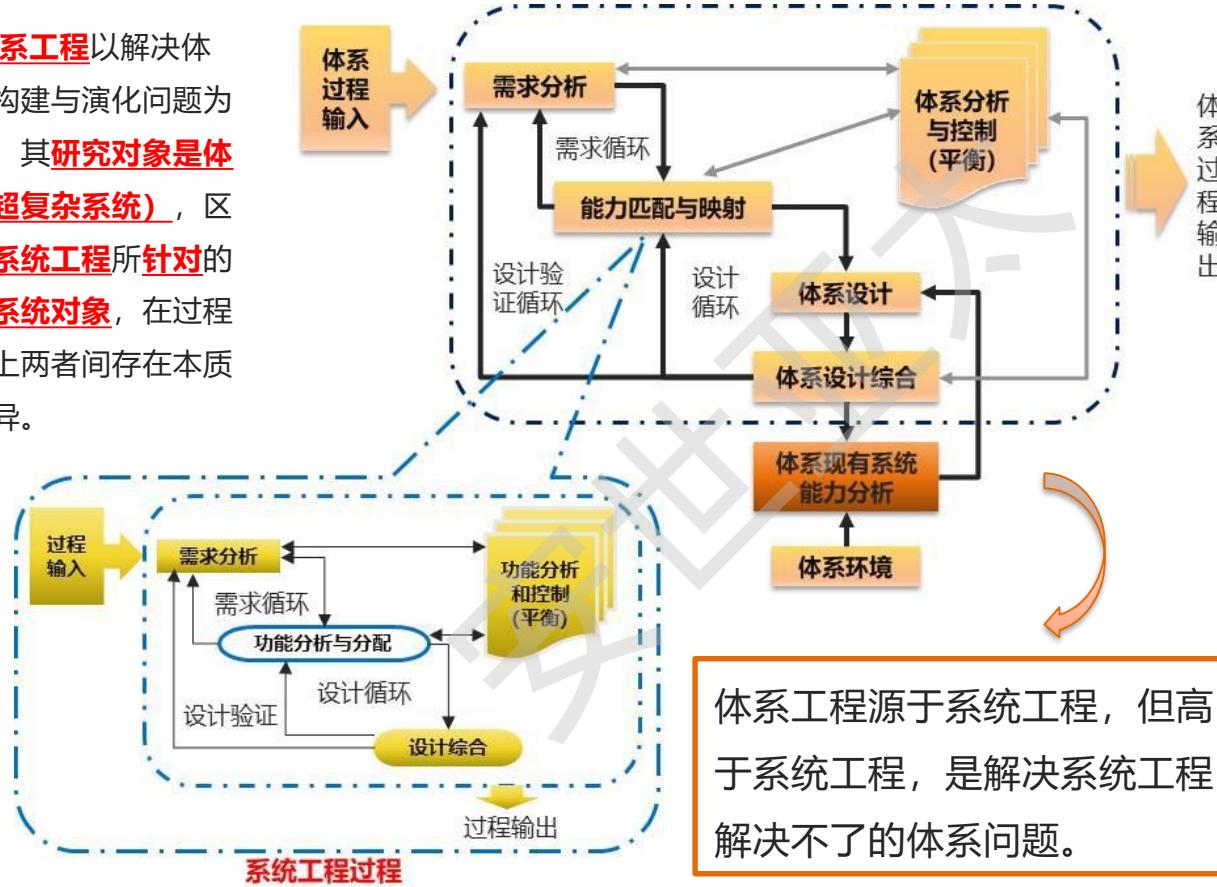
典型应用

陆军作战指挥系统、空军作战重心（AOC）武器系统、弹道导弹防御系统（BMDS）、空军分布式通用地面系统（DCGS）、国防部情报信息系统（DoDIIS）、未来作战系统（FCS）、军事卫星通信（MILSATCOM）、海军一体化火控-防空（NIFC-CA）系统、太空雷达系统（SR IPO）、战区联合战术网络。

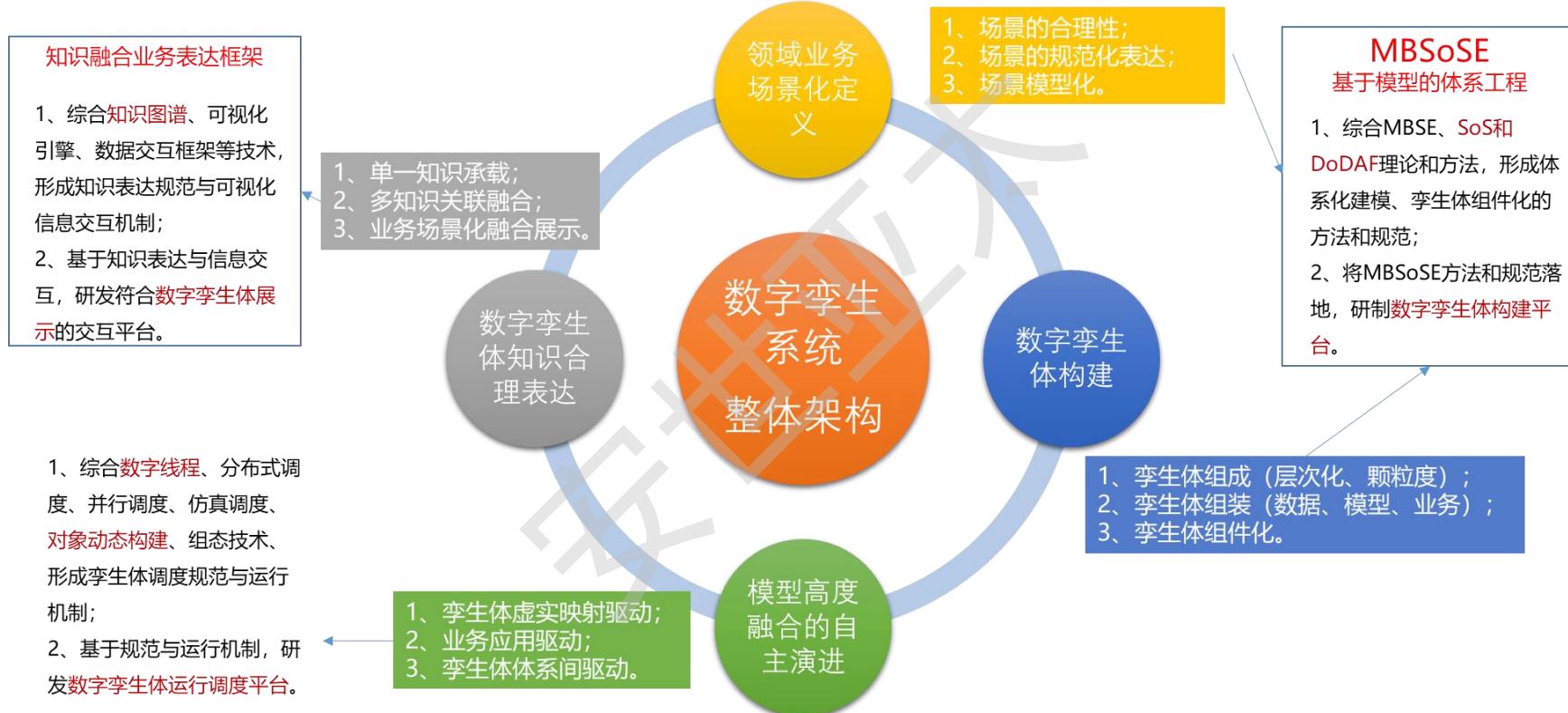
体系工程SoSE是系统工程SE的更深层次应用

10

体系工程以解决体
系的构建与演化问题为
目标, 其**研究对象是体
系(超复杂系统)**, 区
别于**系统工程**所**针对的
简单系统对象**, 在过程
原理上两者间存在本质
的差异。

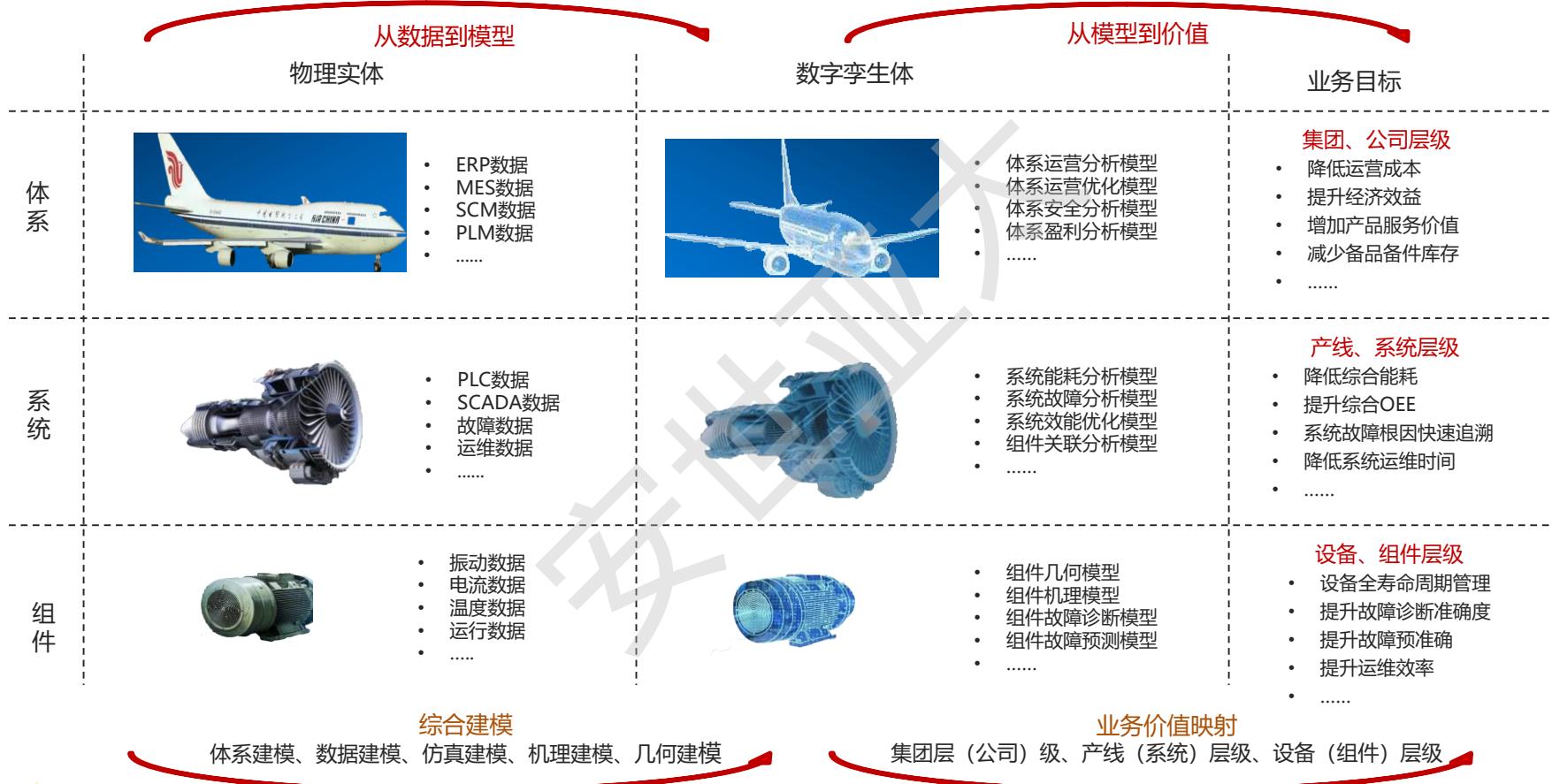


体系工程过程存在
**需求分析循环、设计
分析循环与设计验证
循环**, 除此之外, 还
存在对**体系环境与边
界的分析**。体系环境
与边界分析同需求分
析循环、设计分析循
环和设计验证循环并
行进行, 体系工程4
个方面的过程分析通
过**体系分析与控制活
动**进行**平衡**, 通过平
衡**找到体系设计的合
适的方案**



数字孪生体的构建是一个体系的工程

12



混合建模的方式才能实现数字孪生体的业务目标

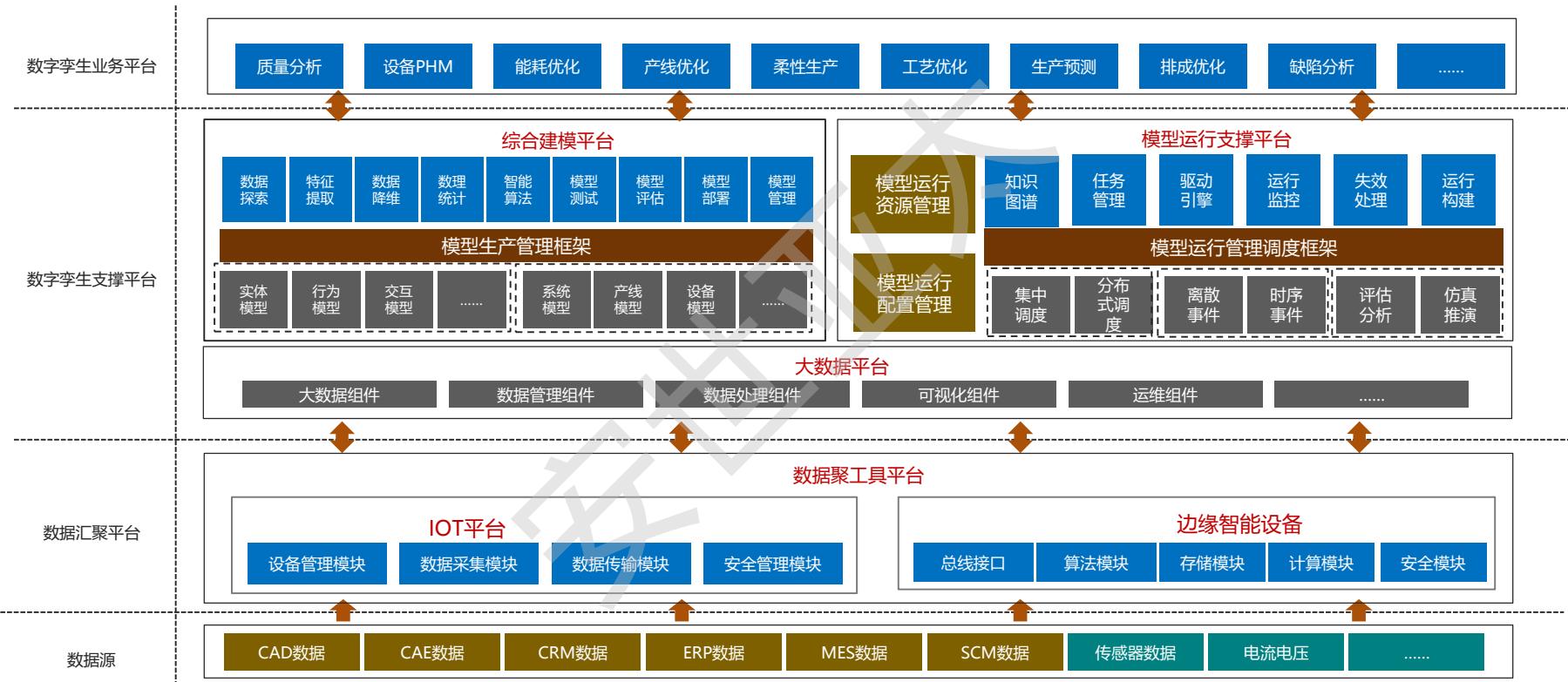
13

- 数字孪生体的构建结合业务功能、故障模式、运维规程、特征数据、操作流程等多个方面的数据；
- 数字孪生体包含**机理模型、几何模型、物理模型、仿真模型、行为模型、交互模型**等模型；
- 数字孪生体是物理实体的虚拟映射，不仅能够实时反映其真实各种状态，而且能够有效预测其未来趋势，同时，数字孪生体也能生成反馈控制信号，对真实物理实体进行实时控制。



数字孪生产品整体架构

14



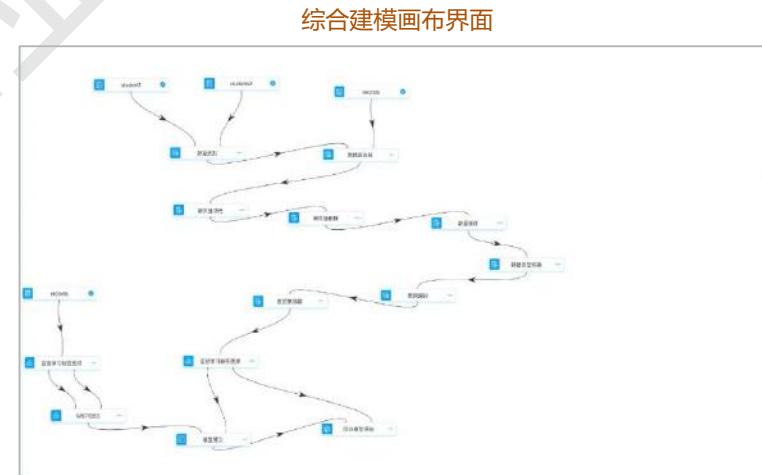
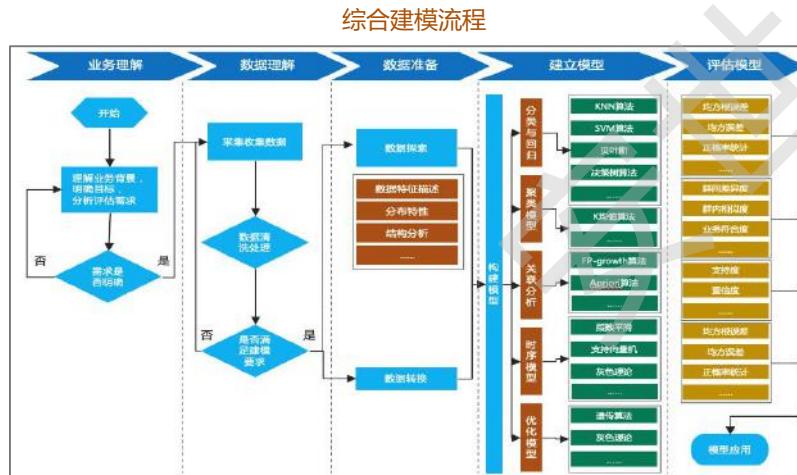
核心产品：综合建模平台

功能：

- 支持完整的建模流程，从数据治理到模型构建、模型验证和模型部署工具，内置统计分析、特征处理、深度学习、设备机理模型等成熟的算法组件包；
 - 提供可视化的建模过程，降低建模的难度，提供模型自动化打包、部署。

特点：

- 结合DoDAF和MBSE，从系统描述的视角通过对实物对象的数字化描述触发模型构建；
 - 模型的构建围绕业务需求，结合功能、结构、行为，来构建数字孪生体所需的模型；
 - 依据行业属性，根据具体物理特性、工艺特点等选取已有的模型快速构建所需业务模型。



功能：

- 通过可视化的界面完成模型导入，模型运行状态监控，进行模型运行资源的监控和调度；
- 模型以服务的方式对外发布，支持模型的导出加密等机制。

特点：

- 从数字孪生体所表现出来的包含多个系统的**体系层级**来重新设计整体架构；
- 具体的数据模型只是数字孪生体不同层级、不同维度的**组件**，模型之间是可以相互融合、相互作用、相互影响；
- 数据模型能够在平台上**按需加载**运行、**动态配置**、**动态协同**、**仿真推演**。

模型导入界面

模型导入

地址： 检测

端口：

需要竖屏：

auth

+ 用户密钥

模型文件：

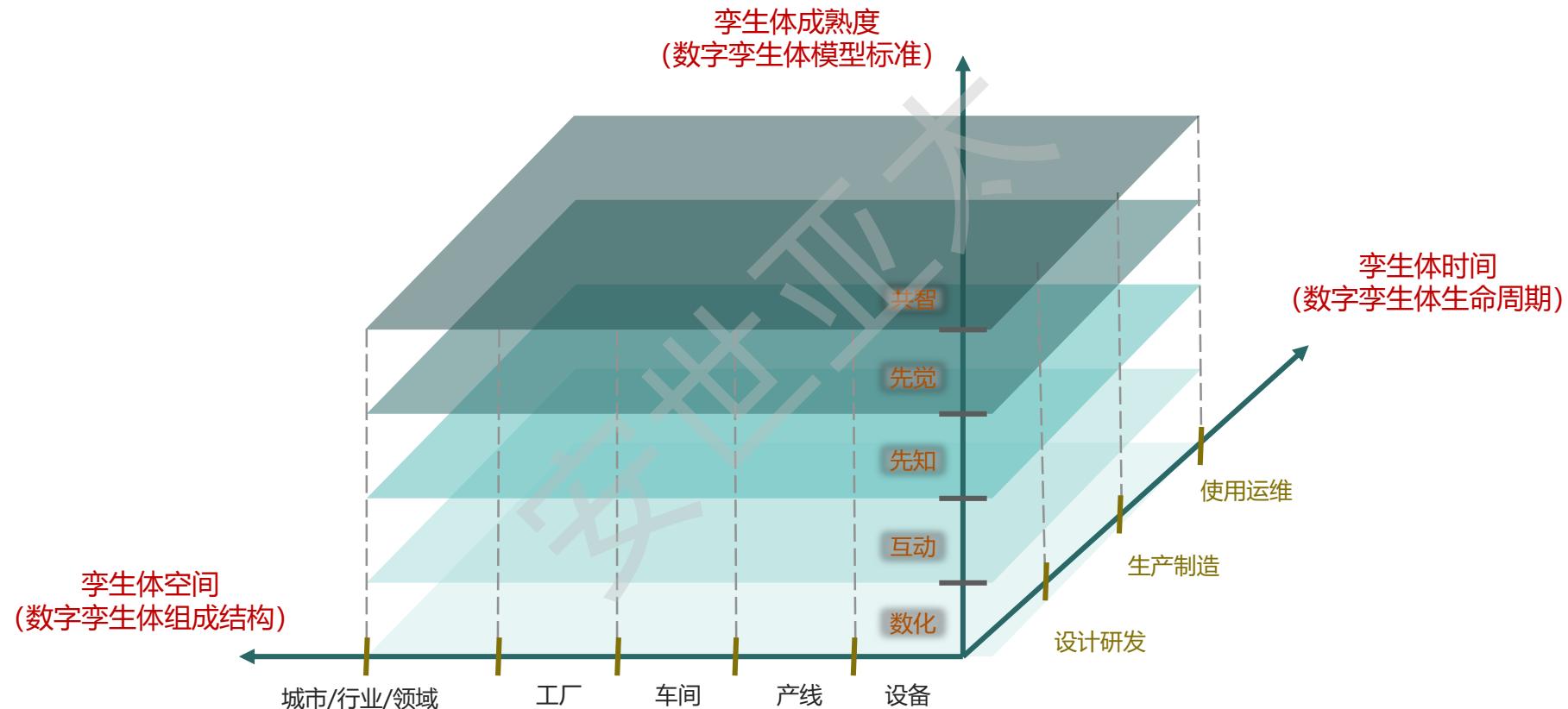
请“加载模型文件”，请从左侧拖出“录入文件”

模型管理界面

服务名称	部署时间	最后更新时间	服务调用	服务更新	停用	①	编辑
62f8gevod	2020-08-25 10:04:07	2020-08-25 10:04:07	服务调用	服务更新	停用	①	编辑
天气	2020-08-22 11:28:22	2020-08-22 11:28:22	服务调用	服务更新	停用	①	编辑
435	2018-04-23 10:28:42	2018-04-23 10:28:42	服务调用	服务更新	停用	①	编辑
深海石油钻井1	2018-04-19 14:17:46	2018-04-19 14:17:46	服务调用	服务更新	停用	①	编辑
随机森林1	2018-04-19 14:17:34	2018-04-19 14:17:34	服务调用	服务更新	停用	①	编辑
预测模型应用	2018-04-17 11:18:31	2018-04-17 11:18:31	服务调用	服务更新	停用	①	编辑
LDA-11	2018-03-08 22:48:12	2018-03-08 22:48:12	服务调用	服务更新	停用	①	编辑
多层神经网络	2018-02-01 01:24:03	2018-02-01 01:24:03	服务调用	服务更新	停用	①	编辑
层次分析法	2018-02-01 01:23:43	2018-02-01 01:23:43	服务调用	服务更新	停用	①	编辑
LDA-1	2018-02-01 01:23:18	2018-02-01 01:23:18	服务调用	服务更新	停用	①	编辑

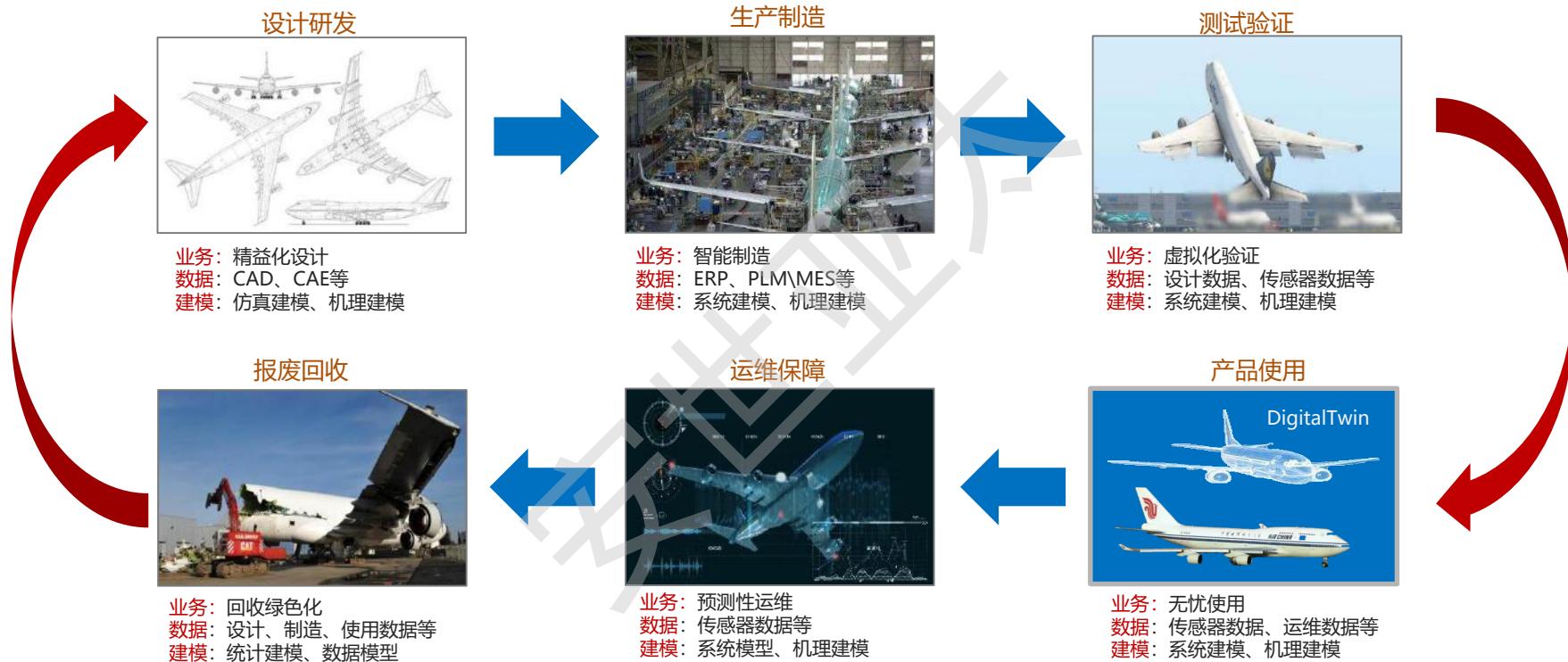
模型信息界面

模型信息查看	
模型名称	62f8gevod
模型描述	
特征列	# Potta # Sex_1 # Sex_2 # Age_1 # Patch # Para
标签列	Survived
算法来源	XGBoost
超参数	colsample_bytree min_child_weight subsample eta max_depth gamma
策略参数	步进距离 最后更新时间 创建时间
步进距离	0.03
最后更新时间	2020-05-25 10:03:04
创建时间	2020-05-25 10:03:04



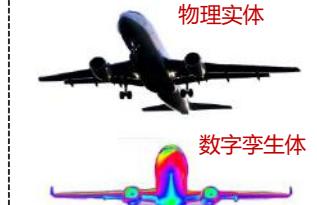
以工业数字孪生为例：数字孪生贯穿于产品从设计、生产到使用、运维的产品全寿命周期

18



数字孪生涵盖了从部件、装备到企业的各个主要构成层级

19

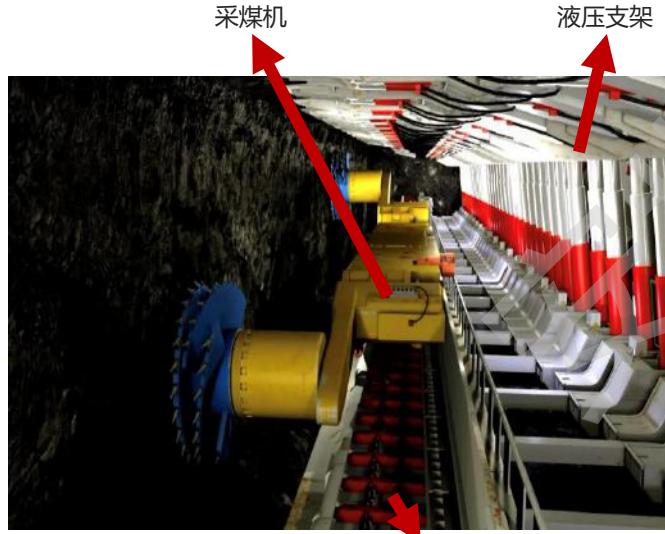
	数字孪生体	数据源	数字孪生模型构建	关键业务目标	
企业级	<ul style="list-style-type: none">飞机制造企业航空公司.....	<ul style="list-style-type: none">ERP数据MES数据SCM数据.....	<ul style="list-style-type: none">基于公司运营数据，构建多维关联分析模型安全、产量、运维、销售等关键经营维度	<ul style="list-style-type: none">降低运维成本提升运营效率降低能耗减少库存	
装备级	<ul style="list-style-type: none">干线客机、货机；公务机、农业机、林业机、轻型多用途机；.....	<ul style="list-style-type: none">运维数据操作数据故障数据.....	<ul style="list-style-type: none">基于设备的机理模型、仿真模型、数据模型进行混合建模构建全寿命周期的健康状态综合评估	<ul style="list-style-type: none">装备全寿命周期健康评估提升装备OEE装备预测性维修装备效能和运维优化	 <p>物理实体</p> <p>数字孪生体</p>
部件级	<ul style="list-style-type: none">机翼；机身；发动机；起落架；.....	<ul style="list-style-type: none">振动传感器电流传感器温度传感器.....	<ul style="list-style-type: none">基于部件的机理模型、仿真模型、数据模型进行混合建模根据故障模式对自身状态定性和定量的精确分析	<ul style="list-style-type: none">部件全寿命周期管理部件故障预测部件衰退评估部件故障根因分析部件运维优化	 <p>物理实体</p> <p>数字孪生体</p>

- 数字孪生体是物理实体的**业务和价值映射**；
- 数字孪生体从**体系维度**将物理实体所关联的人、机、料、法、环、测**六个重要因素**进行体系化建模，通过更好地实现业务功能体现数字孪生体的真实价值。



- 数字孪生矿山不仅包含关键设备有数字孪生采煤机、数字孪生液压支架、数字孪生刮板运输机等，还包含有井上井下人员、设备的备品备件、开采工艺、煤矿地质等关键因素；
- 对于关键设备通过采集这些装备的电流数据、温度数据、振动数据、速度数据、高度数据等，综合采用机理建模、数据建模、仿真建模等建模方法，利用混合建模的方法构建关键装备的数字孪生体；
- 通过关键装备的数字孪生体的构建，支撑采煤机自主导航和驾驶、液压支架智能跟机、刮板运输机的自主调节控制等业务功能，实现智能化开采、智能化流程管理、智能化决策等。

物理实体矿山



刮板运输机



数字孪生采煤机



数字孪生刮板运输机

数字孪生矿山

能效优化管理

- 跟踪生产过程中水、电、气的消耗情况，结合实际生产过程数据进行关联分析；
- 根据生产安排，预测能耗，并根据实际消耗，进行异常情况的根因分析；
- 对总体能耗进行逐级分析，形成知识库，指导实际生产中能源的调配。

设备智能运维

- 对生产过程中重要的设备，例如轧机等进行故障诊断和预测；
- 整合设备的点检规程，优化点巡检流程，提升设备的OEE；
- 自动创建设备健康状况报告，建立维修的知识工程体系，提升MTBF。

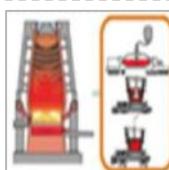
生产安全管理

- 综合采用智能视频分析等手段，对重点岗位、重点区域、重点人员进行实时监控，避免危险闯入、疲劳工作等情况发生；
- 采用机理建模、机器学习等方法，对大型电机、危险液体、高温气罐等重要设备和危险设备进行有效监控和预警，提升生产的安全。

生产产能预测

- 通过构建热轧、冷轧等产线的系统模型，能够对产线的生产情况进行预测，根据生产中发生的故障维修进度等情况，适时调整生产，达成生产目的；
- 能够依据实际生产需求，通过系统模型，评估整体的产能情况，进行综合测算，形成对生产情况的准确评估。

数字孪生系统



炼铁



炼钢-连铸



加热-热轧-冷却

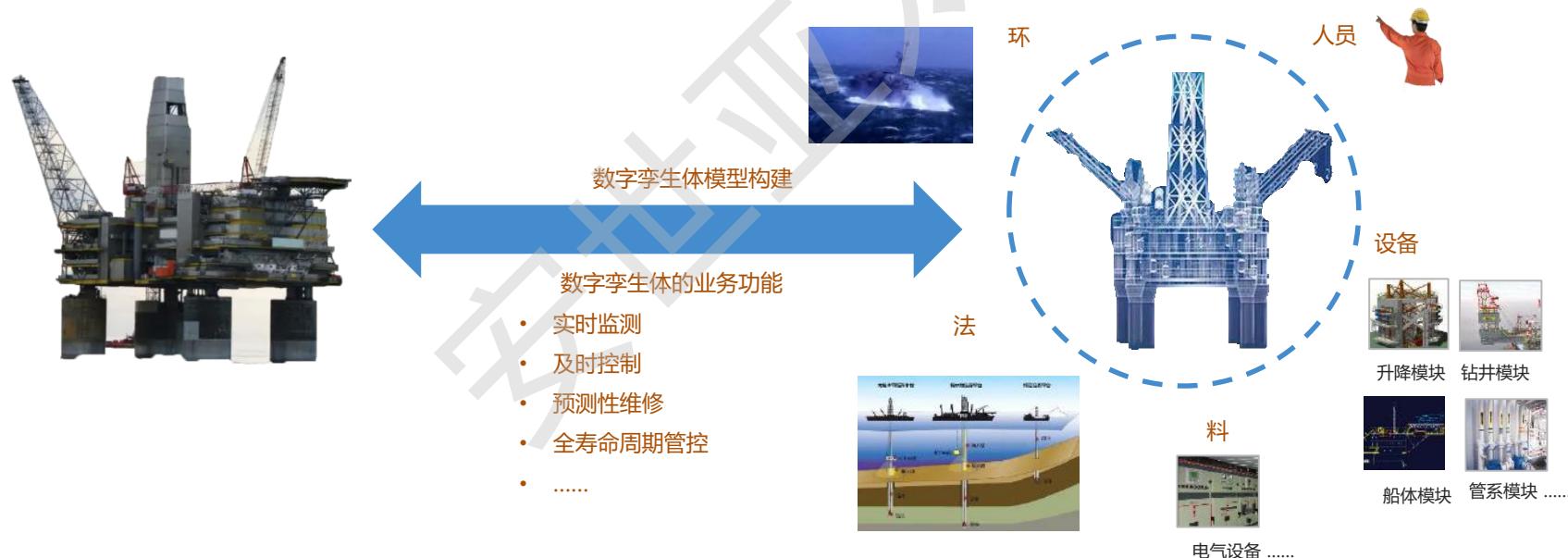


酸洗-冷轧



涂镀-热处理

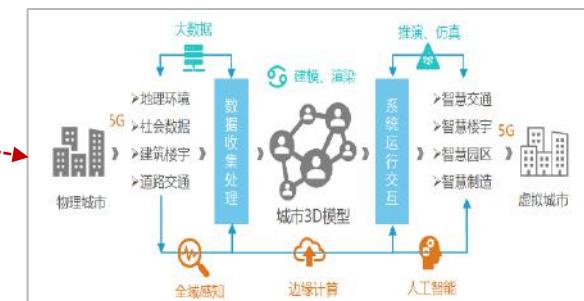
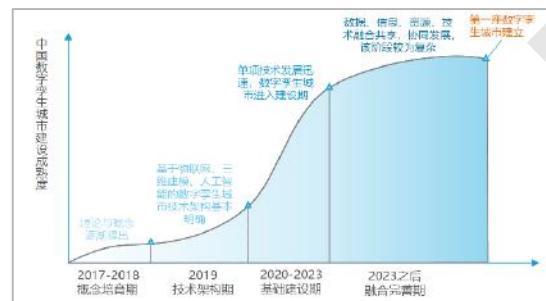
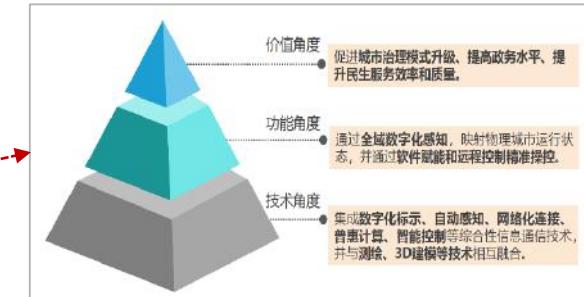
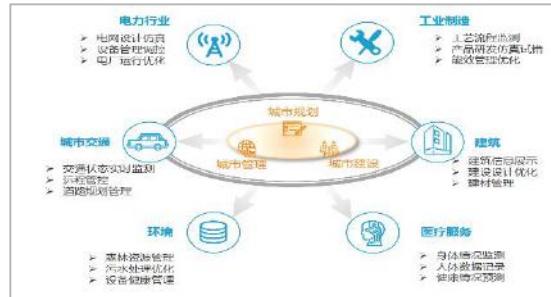
- 基于数字孪生系统的数字油田能够将物理空间与虚拟空间进行功能映射，从人、机、料、法、环等诸多环节进行实体投影；
- 在人员方面，能够在虚拟空间构建人员模型，从而有效地进行人员效率改善评估、培训规划效果评估等；在设备方面，能够实现设备故障预测、设备维护规划、设备设计验证、设备状态远程监测、设备可视化与集成等，更好地实现减人、减碳、止损、提质、增效等高质量发展目标。



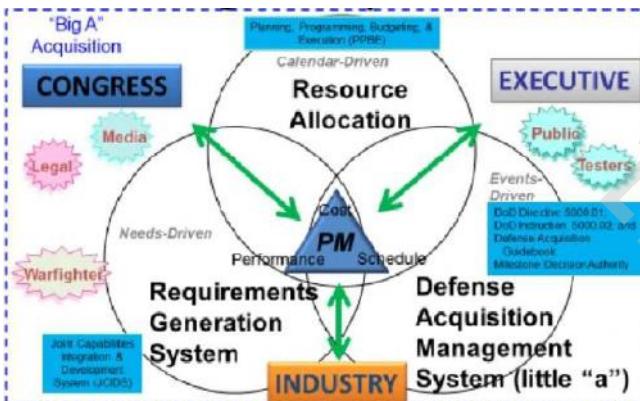
数字孪生应用于城市规划、建设和管理

24

- 中国数字孪生城市的发展经过了概念培育期和技术方案架构期，已经于2020年进入建设初期。2020年4月发布的《关于推进“上云用数赋智行动培育发展实施方案”》中更是将数字孪生与大数据、人工智能、5G等并列，要求“引导各方参与提出数字孪生解决方案”，多个省/市陆续发布了建立数字孪生城市试点项目的政策行动方案；
- 数字孪生城市强调建立一个与物理城市实时交互的虚拟城市，精准映射物理城市运行情况，形成虚实交互格局，以提升、优化城市的综合治理规划水平。



- 为了进一步完善联合作战需求，《美国国防采办指南》中提出，**美国国防部需逐步采用基于数字孪生体的数字工程**，逐步剖解，成功的把组织架构和系统工程融合在一起。
- 美国国防部一方面邀请学者专家完善数字孪生体理论体系，另外一方面，它设定了**数字工程战略五大目标**，指导各个军种相关工作。



Goal 1	Goal 2	Goal 3	Goal 4	Goal 5
Model Integration	Authoritative Data	End-to-End Solution	IP and Security Protection	Workforce Skills/ Training
Model Curation	Governance	Engineer Practice Innovation	IT Infrastructure	Policy/Guidance Standards
Model Credibility	Digital Artifacts		Methods/Tools/ Processes	Metrics ② 原烽 BOE



美国数字工程战略的组织架构设置

- 在组织管理方面，美国的数字工程转型工作由国防部抓总，海陆空三军牵头实施，联合工业界和学术界优势力量开展研究和论证工作，并借助先导项目逐步验证和推广，最终实现全面应用。
- 数字工程管理部门**具体由美国国防部负责工程和研发的副部长迈克尔·格里芬（Michael D. Griffin）领导**；由国防部系统工程司、空军装备科技工程办公室、陆军装备系统工程办公室和海军装备研发测评办公室的菲洛米娜·齐墨尔曼团队负责实施。
- 通过与**美国国家航空航天局（NASA）、联邦航空局（FAA）、国土安全局，以及各大高校**合作提供外部资源和服务。

□ 大部分应用仍处于数据融合和实时诊断阶段

□ 少数单点应用实现分析预测和自主控制

□ 产品、设备应用：从分析预测阶段向自主控制的智能化分析探索

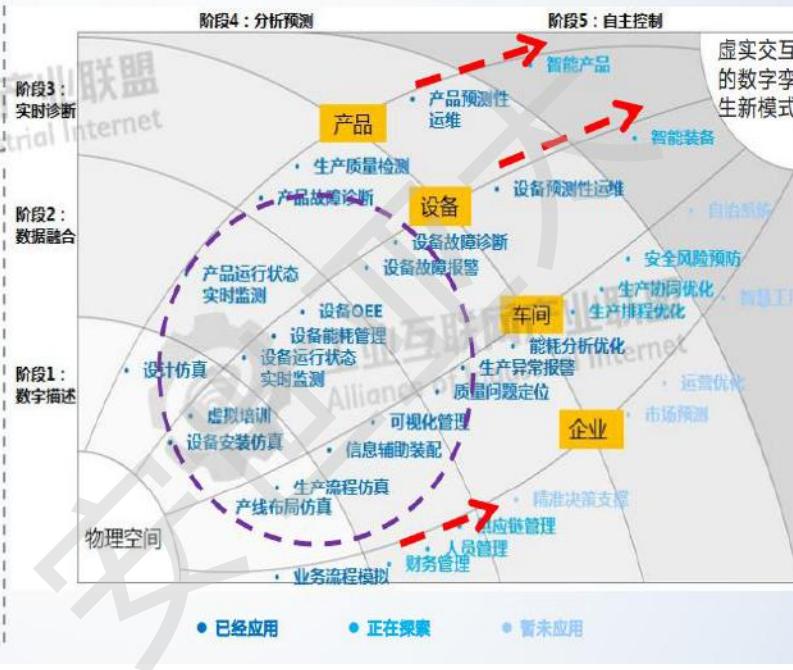
- 场景比较单一，所需的建模技术并不复杂且相对成熟

□ 车间应用：向分析预测阶段演进

- 监控诊断日趋普及，面向工艺、流程的分析建模能力逐步提升

□ 企业应用：停留在基础的数据融合阶段

- 当前建模分析能力还无法支撑构建如此复杂的系统的高级数字孪生



以工业数字孪生为例
基于模型的体系工程和仿真模拟是推动数字孪生深入应用的核心技术驱动力

- 依据信通院资料，中国物联网行业规模从2013年的4896亿元增长至2020年的1.6万亿元；
- 其中工业物联网约占17%，合2700亿元；

The Top 10 Strategic Technology Trends for 2019



- 2019年，Gartner物联网实施调查显示，13%的实施物联网(IoT)项目的组织已经在使用数字孪生，62%的组织正在建立或计划这样做；到2022年，超过三分之二实施物联网的公司将在生产中部署至少一个数字孪生；
- 工业领域的数字孪生，将在未来几年形成一个超过千亿的市场



基于正向设计的数字化研制
Systematic Forward Design-based Digital R&D
and Manufacturing

数字孪生 元数创能



官方网址：
www.peraglobal.com

客服专线：
400 6600 388

官方微博：
@安世亚太

个人微信号：
peraglobal03

数字孪生

